

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201792102 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2018.03.30

(51) Int. Cl. G01F 1/66 (2006.01)
G01H 5/00 (2006.01)
G01F 23/296 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2016.02.23

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИМПУЛЬСА, В ЧАСТНОСТИ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ
РАСХОДОМЕРЕ, И РАСХОДОМЕР

(31) PA201500276

(32) 2015.05.08

(33) DK

(86) PCT/EP2016/053748

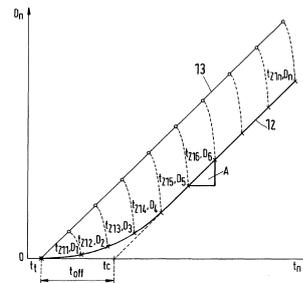
(87) WO 2016/180549 2016.11.17

(71) Заявитель:
ДАНФОСС А/С (DK)

(72) Изобретатель:
Есперсен Ларс (DK)

(74) Представитель:
Котов И.О., Харин А.В., Стойко Г.В.,
Буре Н.Н. (RU)

(57) Описан способ определения значения времени (t_i) прохождения ультразвукового импульса, в частности в ультразвуковом расходомере, причем указанный способ включает в себя генерацию первого передаваемого сигнала, имеющего первую частоту, и обнаружение первого принимаемого сигнала, генерацию второго передаваемого сигнала, имеющего вторую частоту, отличную от первой частоты, и обнаружение второго принимаемого сигнала. Указанный способ обеспечивает возможность надежного определения значения времени прохождения с низкими затратами. Для определения значения времени прохождения применяют функцию времени, основанную на характеристиках двух принимаемых сигналов (10, 11).



A1

201792102

201792102

A1

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИМПУЛЬСА, В ЧАСТНОСТИ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ РАСХОДОМЕРЕ, И РАСХОДОМЕР

Настоящее изобретение относится к способу определения значения времени прохождения ультразвукового импульса, в частности в ультразвуковом расходомере, причем указанный способ включает в себя генерацию первого передаваемого сигнала, имеющего первую частоту, и обнаружение первого принимаемого сигнала, генерацию второго передаваемого сигнала, имеющего вторую частоту, отличную от первой частоты, и обнаружение второго принимаемого сигнала.

Кроме того, изобретение относится к расходомеру, в частности к ультразвуковому расходомеру, содержащему средства для генерации первого передаваемого сигнала, имеющего первую частоту, и средства для обнаружения первого принимаемого сигнала, средства для генерации второго передаваемого сигнала, имеющего вторую частоту, отличную от указанной первой частоты, и средства для обнаружения второго принимаемого сигнала.

Такой способ и такой расходомер известны, например, из EP 2 511 673 A1.

Указанный способ, в частности, используют в ультразвуковых расходомерах на основе принципа разности времен прохождения. Измеряют значения времени прохождения звуковых импульсов, передаваемых вверх по потоку и вниз по потоку, между двумя преобразователями, расположенными противоположно друг другу в расходомерной трубке. Скорость потока прямо пропорциональна разности между значением времени прохождения вверх по потоку и значением времени прохождения вниз по потоку.

Таким образом, точность измерения зависит от точности определения значения времени прохождения. Обычно затраты на оборудование для

определения значения времени прохождения увеличиваются с увеличением точности определения.

Проблема, на решение которой направлено настоящее изобретение, заключается в надежном определении значения времени прохождения с низкими затратами.

Указанная проблема решена с помощью способа, описанного выше, в котором для определения значения времени прохождения используют функцию времени, основанную на характеристиках двух принимаемых сигналов.

Когда используют два передаваемых сигнала, имеющих разные частоты, получают соответствующие принимаемые сигналы. Указанные принимаемые сигналы имеют характеристики, которые могут быть использованы для получения функции времени. Функция времени, в свою очередь, может быть использована для определения значения времени прохождения. Основным преимуществом измерения значения времени прохождения является то, что изменение скорости звука компенсируется непосредственно в отличие от ее косвенного измерения посредством измерения температуры и известного соотношения между скоростью звука для среды и температурой среды.

В предпочтительном варианте осуществления значение времени, при котором заданная характеристика указанного первого принимаемого сигнала удовлетворяет заданному условию, определяют как первое значение времени, значение времени, при котором соответствующая заданная характеристика указанного второго принимаемого сигнала удовлетворяет указанному условию, определяют как второе значение времени, значение времени, при котором указанная заданная характеристика указанного первого принимаемого сигнала позже повторно удовлетворяет указанному условию, определяют как третье значение времени, значение времени, при котором указанная заданная характеристика указанного второго

принимаемого сигнала позже повторно удовлетворяет указанному условию, определяют как четвертое значение времени, определяют первую временную разность между указанным вторым значением времени и указанным первым значением времени, определяют вторую временную разность между указанным четвертым значением времени и указанным третьим значением времени, и определяют указанное значение времени прохождения с использованием функции временных разностей по времени, причем указанная функция содержит по меньшей мере пару из указанной первой временной разности и либо указанного первого значения времени, либо указанного второго значения времени и пару из указанной второй временной разности и либо указанного третьего значения времени, либо указанного четвертого значения времени. Предпочтительно указанная заданная характеристика представляет собой уровень амплитуды. В частности, указанное заданное условие предпочтительно представляет собой переход через ноль. Однако может быть использована другая информация, кроме как строго переходы через ноль, например, использование выборок из аналого-цифрового преобразователя, из которых может быть извлечена сходная информация. Измерения выполняют в наименее чувствительной к шуму части сигнала, т.е. в переходах через ноль или около переходов через ноль. Ввиду использования переходов через ноль, способ в значительной степени независим от амплитуд принимаемого сигнала. Поскольку можно избежать использования отдельных триггерных схем, способ может быть реализован с низкими затратами. Способ относительно нечувствителен к изменениям формы принимаемого сигнала. Когда генерируется первый передаваемый сигнал, соответствующий импульс передается от передатчика к приемнику. Приемник обнаруживает принимаемый сигнал. Термины "передатчик" и "приемник" используются для объяснения конкретных функций указанных элементов. В основном используются преобразователи, которые могут передавать и принимать сигналы и, таким образом, функционируют в качестве как передатчика, так и приемника. Вариант осуществления изобретения основан на идее, что соотношение между временными разностями и соответствующим значением

времени описывается однозначно определенной функцией. Указанная функция содержит начальную точку, в которой временная разность между двумя принимаемыми сигналами разных частот равна нулю. Таким образом, указанная начальная точка отражает значение времени прохождения. Термин "переход через ноль" используется для упрощения объяснения. Он не ограничивается в точности точками, в которых сигнал пересекает свое собственное среднее значение. В частности, можно определить другой уровень сигнала вблизи среднего значения сигнала, прохождение через который также может рассматриваться как "переход через ноль". Переход через ноль охватывает также случаи использования сигналов с цифровой дискретизацией, где информация, соответствующая значениям времени перехода через ноль, может быть выведена различными способами из одной или нескольких выборок сигнала вокруг "переходов через ноль" или вокруг пиков сигнала. Существует несколько способов получения информации, соответствующей переходу через ноль сигнала или для пиков сигнала из дискретизированного сигнала. Способы, изложенные ниже, следует рассматривать только как примеры того, как может быть получена информация, поскольку существует множество других способов. К ним относятся различные способы, содержащие преобразования Фурье.

При использовании дискретизированного сигнала, первый метод может заключаться в подборе прямой линии для двух выборок вокруг перехода через ноль сигнала, который подлежит вычислению. Значение времени перехода через ноль вычисляется из точки, где линия пересекает среднее значение сигнала.

Другая возможность заключается в подборе прямой линии для более чем двух выборок, например, путем использования метода "наименьших квадратов" для подбора линии для множества выборок. Значение времени перехода через ноль вычисляется из точки, где линия пересекает среднее значение сигнала.

Другая возможность может заключаться в использовании подходящей функции (полиномиальной, синусоидальной и т.д.), подбираемой для выборок вокруг перехода через ноль сигнала, который подлежит вычислению. Значение времени перехода через ноль вычисляется из точки, где функция пересекает среднее значение сигнала.

Также может быть подобрана подходящая функция (полиномиальная, синусоидальная и т.д.) для выборок вокруг одного из пиков сигнала. Временное положение пика сигнала может быть вычислено путем дифференцирования найденной функции. Указанные значения времени могут быть использованы как альтернатива переходу через ноль.

Наконец, может быть использована функция разности принимаемого сигнала, которая находится путем вычисления разностей между последовательными выборками дискретизированного сигнала. Переходы через ноль функции разности соответствуют пикам исходного сигнала. Таким образом, положения пиков исходного сигнала могут быть найдены с использованием одного из методов, описанных выше, на переходах через ноль сигнала разности.

Предпочтительно указанная функция содержит по меньшей мере пару из указанной первой временной разности и указанного первого значения времени и пару из указанной второй временной разности и указанного третьего значения времени.

Предпочтительно указанные пары выбирают в диапазоне указанной функции, в котором указанная функция имеет постоянный наклон. Указанный постоянный наклон упрощает определение значения времени прохождения.

Предпочтительно указанное значение времени прохождения определяют путем выбора точки на оси времени, в которой указанный постоянный наклон пересекает указанную ось времени, и путем вычитания постоянного значения

времени смещения из указанной точки. Значение времени смещения может быть определено на заводе-изготовителе расходомера или любого другого оборудования, в котором должно быть определено значение времени прохождения. После определения постоянной указанного времени, ее можно использовать постоянно, так как она не изменяется.

Предпочтительно для определения, является ли указанный наклон постоянным, используют более двух пар из временных разностей и значений времени. Таким образом, можно выбрать диапазон функции, в котором наклон является постоянным.

В альтернативном или дополнительном варианте осуществления способа указанные пары выбирают в средней области указанного принимаемого сигнала. Можно предположить, что в средней области наклон является постоянным.

Предпочтительно указанный первый передаваемый сигнал и указанный второй передаваемый сигнал генерируют с использованием одного и того же источника сигнала, генерирующего основную частоту, причем указанную первую частоту и указанную вторую частоту генерируют путем деления указанной основной частоты на различные коэффициенты. Таким образом, с помощью простых средств можно получить первую частоту и вторую частоту, которые непосредственно связаны друг с другом, так что временные разности могут быть определены с достаточной точностью.

Предпочтительно указанную первую частоту генерируют путем деления указанной основной частоты на первый коэффициент, при этом указанную вторую частоту генерируют путем деления указанной основной частоты попеременно на второй коэффициент и третий коэффициент, отличный от указанного второго коэффициента. В данном случае вторую частоту формируют с помощью среднего значения, т.е. вторую частоту получают только при рассмотрении двух периодов второго передаваемого сигнала.

Однако таким образом можно получить пару из первой частоты и второй частоты с меньшими разностями частот.

В последнем случае предпочтительно в указанном принимаемом сигнале переходы через ноль измеряют в точках, которые являются кратными двух отдельных периодов. Таким образом, можно усреднить неточности, которые могут возникнуть из-за разных коэффициентов, используемых для получения второй частоты.

В другом предпочтительном варианте осуществления указанный первый передаваемый сигнал и указанный второй передаваемый сигнал генерируют с использованием разных основных частот и одного и того же коэффициента для деления указанных основных частот. В данном случае требуется только один делитель частоты.

Указанная проблема решена с помощью расходомера, как описано выше, в котором средства управления соединены с указанными средствами для генерации указанного первого передаваемого сигнала, с указанными средствами для обнаружения указанного первого принимаемого сигнала, с указанными средствами для генерации указанного второго передаваемого сигнала и с указанными средствами для обнаружения указанного второго принимаемого сигнала, причем указанные средства управления определяют значение времени прохождения посредством функции времени, основанной на характеристиках двух принимаемых сигналов.

Расходомер работает в соответствии со способом, описанным выше.

Предпочтительный вариант осуществления изобретения описан более подробно ниже со ссылками на чертежи, на которых:

на фиг. 1 показан схематический вид ультразвукового расходомера;

на фиг. 2 схематично показаны два передаваемых сигнала различных частот;

на фиг. 3 схематично показаны соответствующие принимаемые сигналы;

на фиг. 4 показана функция, описывающая соотношение между временными разностями и значениями времени; и

на фиг. 5 схематично показана генерация частот передаваемых сигналов.

На фиг. 1 схематично показан ультразвуковой расходомер 1. Расходомер 1 содержит проточный канал для текучей среды, расположенный внутри трубки 3. Для передачи импульса через проточный канал 2 установлен передатчик 4. Указанный импульс принимается приемником 5, расположенным выше по потоку, и приемником 6, расположенным ниже по потоку. Передатчик 4, приемник 5, расположенный выше по потоку, и приемник 6, расположенный ниже по потоку, соединены с блоком 7 управления.

Изображение на фиг. 1 выбрано для упрощения пояснения изобретения. На практике могут использоваться только два преобразователя, которые могут работать как передатчик и как приемник. Обычно могут использоваться два или более преобразователей, образующих один или более путей прохождения звука, предназначенных для передачи и приема звуковых импульсов через проточный канал – в направлениях, по существу, в направлении потока и против направления потока. В случае импульсного доплеровского расходомера может быть использован даже один преобразователь, попеременно передающий и принимающий импульсы, в направлении потока или против направления потока.

Блок 7 управления определяет значение времени прохождения между передатчиком 4 и расположенным выше по потоку приемником 5, при этом он также определяет значение времени прохождения между передатчиком 4 и приемником 6, расположенным ниже по потоку. Как известно, скорость потока

текучей среды в проточном канале 2 прямо пропорциональна разности между значением времени прохождения вверх по потоку и значением времени прохождения вниз по потоку.

Блок 7 управления используется для определения соответствующих значений времени прохождения.

Во многих случаях могут быть использованы преобразователи, которые могут работать как передатчик и как приемник. Таким образом, также можно обойтись без приемника 6, расположенного ниже по потоку, и использовать передатчик 4 для передачи импульса в направлении вверх по потоку, который принимается приемником 5, и использовать расположенный выше по потоку приемник 5 для создания импульса в направлении вниз по потоку, который принимается передатчиком 4. В данном случае значение времени прохождения вверх по потоку и значение времени прохождения вниз по потоку должны быть определены в разное время.

Для определения значения времени прохождения между передатчиком 4 и расположенным выше по потоку приемником 5, блок 7 управления генерирует первый передаваемый сигнал 8, показанный сплошными линиями на фиг. 2, и второй передаваемый сигнал 9, показанный пунктирными линиями на фиг. 2. Первый передаваемый сигнал 8 и второй передаваемый сигнал 9 имеют разные частоты. Передатчик 4 преобразует первый передаваемый сигнал 8 в первый импульс и второй передаваемый сигнал 9 во второй импульс.

Для каждого измерения значения времени прохождения в каждом направлении потока выполняются два отдельных измерения значения времени. Первое измерение выполняется с первым передаваемым сигналом 8 с частотой f_{Tx1} . Второе измерение выполняется со вторым передаваемым сигналом 9 с частотой f_{Tx2} . Для примерных передаваемых сигналов 8, 9, показанных на фиг. 2, частота первого передаваемого сигнала 8 на 5% выше

частоты второго передаваемого сигнала 9. Однако также возможно, что частота второго передаваемого сигнала 9 выше частоты первого передаваемого сигнала 8.

Также можно сначала выполнить стандартное измерение в направлении вверх/вниз по потоку с одной частотой, за которым следует другое стандартное измерение в направлении вверх/вниз по потоку другой частотой - и из указанных измерений вывести ту же самую информацию, как описано ниже.

Метод передачи с обеими частотами в одном направлении – хотя предпочтительно до изменения направления – т.е. чтобы указанные два измерения могли быть выполнены в быстрой последовательности без слишком большого внимания к эхо-сигналам от первой передачи, т.е. если для вычисления значения времени разности используется только первое измерение, а второе – только для определения значения времени прохождения.

Значение времени начала обоих передаваемых сигналов 8, 9 обозначается t_0 .

На фиг. 3 показан соответствующий принимаемый сигнал, т.е. первый принимаемый сигнал 10, соответствующий первому передаваемому сигналу 8, и второй принимаемый сигнал 11, соответствующий второму передаваемому сигналу 9.

Два принимаемых сигнала 10, 11 начинаются от общей начальной точки при значении времени t_t прохождения, при котором звуковая волна от передачи поступает в расположенный выше по потоку приемник 5.

От указанной общей начальной точки переходы через ноль двух принимаемых сигналов 10, 11 постепенно разделяются вследствие разных

частот. Временные разности между положительными переходами через ноль обозначаются как D_1 - D_n .

Каждому переходу через ноль первого принимаемого сигнала 10 можно сопоставить соответствующий переход через ноль второго принимаемого сигнала 11. Требуется просто подсчитать количество положительных переходов через ноль каждого принимаемого сигнала 10, 11, чтобы определить, какой переход через ноль первого принимаемого сигнала 10 соответствует переходу через ноль второго принимаемого сигнала 11. Другой способ может заключаться в том, чтобы начать измерения в известные моменты времени.

Измеряемые значения времени перехода через ноль обозначены как t_{z1A} , t_{z2A} , t_{z1B} , t_{z2B} , при этом соответствующие разности обозначены как D_A и D_B .

Таким образом, можно определить значение времени перехода через ноль первого принимаемого сигнала 10 как первое значение времени t_{z1A} , значение времени соответствующего перехода через ноль второго принимаемого сигнала 11 как второе значение времени t_{z2A} , значение времени другого перехода через ноль первого принимаемого сигнала 10 как третье значение времени t_{z1B} и значение времени другого соответствующего перехода через ноль второго принимаемого сигнала 11 как четвертое значение времени t_{z2B} . Определяется первая временная разность D_A между указанным вторым значением времени t_{z2A} и указанным первым значением времени t_{z1A} , и определяется вторая временная разность D_B между указанным четвертым значением времени t_{z2B} и указанным третьим значением времени t_{z1B} .

На фиг. 4 показана зависимость разностей $D_n(t_n)$ положительного перехода через ноль от значений времени t_n перехода через ноль первого принимаемого сигнала 10, т.е. в двумерной системе координат, в которой вертикальная ось представляет указанные временные разности D_n , а

горизонтальная ось представляет указанные значения времени указанных разностей t_n .

Видно, что пары временной разности и значений времени образуют график 12 функции. График или кривая 12 отображает поведение реальных преобразователей с ограниченной шириной полосы пропускания, включая различные акустические и электрические задержки. Для этого реального случая частота преобразователей начинается с резонансной частоты и затем постепенно вынужденно увеличивается до соответствующих частот передачи. После достижения частот передачи, наклон A графика 12 становится постоянным. Следует отметить, что изображение на фиг. 3 выбрано для иллюстрации изобретения и не отражает полностью реальное поведение принимаемого сигнала. Фиг. 2 и 3 предназначены только для того, чтобы показать принцип постепенного удаления друг от друга значений времени перехода через ноль вследствие разных частот. С использованием передаваемых сигналов, показанных на фиг. 2, соответствующие принимаемые сигналы могут расти по амплитуде в течение продолжительности передаваемых сигналов и затем спадать. Кроме того, переходы через ноль могут лишь удаляться друг от друга приблизительно на значение времени продолжительности передаваемых сигналов.

Другой график 13 показывает, как будут вести себя разности для идеальных преобразователей с неограниченной шириной полосы пропускания. В данном случае преобразователи сразу соответствуют частоте передачи, и, таким образом, разности переходов через ноль начинаются непосредственно от t_t с постоянным наклоном, прямо пропорциональным разности частот. Значение t_t может быть вычислено путем вычисления наклона между двумя отдельными разностями переходов через ноль.

Однако, поскольку способ выполняется с реальными преобразователями с ограниченной шириной полосы пропускания, получается функция, соответствующая графику 12, и с помощью указанной функции можно

вычислить начальную точку t_i . Разность между начальным значением времени t_i и нулевым значением времени t_0 на фиг. 2 является значением времени прохождения.

Чтобы упростить определение значения времени прохождения, в большинстве случаев достаточно определить наклон A графика 12, т.е. функции. Однако указанный наклон A может быть определен только в диапазоне функции, в котором указанный наклон постоянный.

Существует две возможности убедиться, что наклон постоянен. Одна возможность заключается в использовании более двух пар временных разностей и значений времени для определения, является ли наклон A постоянным. Другая возможность – использование временных разностей в средней части принимаемого сигнала, в данном случае – четвертый и шестой положительные переходы через ноль. Предпочтительно можно одновременно использовать только две пары, однако можно провести больше измерений с разными начальными точками для определения, является ли наклон постоянным.

Когда известен постоянный наклон, можно определить значение времени t_c , в которое наклон пересекает ось t_n времени. Из указанного значения времени t_c пересечения вычитается постоянное значение времени смещения t_{off} для получения значения времени t_i прохождения. Значение времени t_{off} смещения может быть определено на заводе-изготовителе. Оно не изменяется в ходе использования ультразвукового расходомера, при условии, что ширина полосы пропускания преобразователей (передатчик 4 и приемник 5, 6) является постоянной. По той же причине может быть предпочтительно использовать преобразователи с большой шириной полосы пропускания. Преобразователь с большой шириной полосы пропускания будет иметь небольшое значение времени t_{off} смещения, поэтому требования к постоянной ширине полосы пропускания сравнительно меньше. Использование диапазона функции с "по существу" постоянным наклоном

является одним из возможных вариантов осуществления, который позволяет использовать просто аппроксимацию прямой линией для функции для определения значения времени t_c пересечения и значения времени t_t прохождения.

Другая причина довольно большой ширины полосы пропускания или довольно низкой Q состоит в том, что ширина полосы пропускания преобразователя, очевидно, должна быть достаточно широкой, чтобы покрывать обе частоты передачи.

Третья причина использования преобразователей с большой шириной полосы пропускания связана с необходимостью измерять поток на по возможности самых ранних переходах через ноль, поскольку более поздние точки в сигналах, скорее всего, подвергались влиянию отражений от, например, стенки трубы. При использовании аппроксимации прямой линией точки измерения должны находиться в "постоянном наклоне диапазона D" сигналов. Запаздывание указанного диапазона в сигнале обратно пропорционально ширине полосы пропускания.

На фиг. 5 схематично показан пример генерации передаваемых сигналов.

В данном случае передаваемые сигналы 8, 9 могут быть генерированы из тактовой частоты F_{clk} .

Указанная тактовая частота F_{clk} должна быть достаточно высокой, чтобы генерировать два сигнала с небольшой разностью частот. Как показано на фиг. 5, разность частот в 20% может потребовать, например, тактовой частоты F_{clk} , равной 12 МГц, если требуются симметричные передаваемые сигналы.

На фиг. 5 показан пример с тактовым сигналом 14, имеющим частоту f_{clk} , равную 12 МГц.

С использованием делителя частоты первый передаваемый сигнал 8 генерируется путем деления тактового сигнала 14 на коэффициент 10, так что первый передаваемый сигнал имеет частоту f_{Tx1} , равную 1,2 МГц. Сходным образом второй передаваемый сигнал 9 получается путем деления тактового сигнала 14 на коэффициент 12 для получения частоты $f_{Tx2} = 1$ МГц. Тактовый сигнал 14 генерируется из фиксированной тактовой частоты.

Для достижения симметричного передаваемого сигнала с относительно более высоким разрешением по частоте можно, однако, генерировать сигнал, подобный сигналу 9', показанному на фиг. 5, где каждый второй период изменяется между низкой частотой и высокой частотой, чтобы получить среднюю частоту, составляющую, например, $f_{clk}/11$, как показано на чертеже. Здесь ширина полосы пропускания Q преобразователя может помочь в усреднении указанных двух частот, при этом может быть предпочтительно измерить переходы через ноль принимаемого сигнала в точках, которые являются кратными двух отдельных периодов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ определения значения времени (t_i) прохождения ультразвукового импульса, в частности в ультразвуковом расходомере, причем указанный способ включает в себя генерацию первого передаваемого сигнала (8), имеющего первую частоту (f_{Tx1}), и обнаружение первого принимаемого сигнала (10), генерацию второго передаваемого сигнала (9), имеющего вторую частоту (f_{Tx2}), отличную от указанной первой частоты (f_{Tx1}), и обнаружение второго принимаемого сигнала (11),

отличающийся тем, что для определения значения времени прохождения используют функцию времени, основанную на характеристиках двух принимаемых сигналов (10, 11).

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что значение времени, при котором заданная характеристика указанного первого принимаемого сигнала (11) удовлетворяет заданному условию, определяют как первое значение времени (t_{z1A}),

значение времени, при котором соответствующая заданная характеристика указанного второго принимаемого сигнала удовлетворяет указанному условию, определяют как второе значение времени (t_{z2A}),

значение времени, при котором указанная заданная характеристика указанного первого принимаемого сигнала (11) позже повторно удовлетворяет указанному условию, определяют как третье значение времени (t_{z1B}),

значение времени, при котором указанная заданная характеристика указанного второго принимаемого сигнала позже повторно удовлетворяет указанному условию, определяют как четвертое значение времени (t_{z2B}),

определяют первую временную разность (D_A) между указанным вторым значением времени (t_{z2A}) и указанным первым значением времени (t_{z1A}),

определяют вторую временную разность (D_B) между указанным четвертым значением времени (t_{z2B}) и указанным третьим значением времени (t_{z1B}),

и определяют указанное значение времени (t_i) прохождения с использованием функции (12) временных разностей ($D_n(t_n)$) по времени (t_n), причем указанная функция (12) содержит по меньшей мере пару из указанной первой временной разности (D_A) и либо указанного первого значения времени (t_{z1A}), либо указанного второго значения времени (t_{z2A}) и пару из указанной второй временной разности (D_B) и либо указанного третьего значения времени (t_{z1B}), либо указанного четвертого значения времени (t_{z2B}).

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что указанная заданная характеристика представляет собой уровень амплитуды.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что указанное заданное условие представляет собой переход через ноль.

5. Способ по любому из п.п. 2-4, отличающийся тем, что указанная функция (12) содержит по меньшей мере пару из указанной первой временной разности (D_A) и указанного первого значения времени (t_{z1A}) и пару из указанной второй временной разности (D_B) и указанного третьего значения времени (t_{z1B}).

6. Способ по любому из п.п. 1-5, отличающийся тем, что указанные пары выбирают в диапазоне указанной функции (12), в котором указанная функция имеет постоянный наклон (A).

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что указанное значение времени (t_i) прохождения определяют путем выбора точки (t_c) на оси времени, в которой указанный постоянный наклон (A) пересекает указанную ось времени, и путем вычитания постоянного значения времени (t_{off}) смещения из указанной точки.

8. Способ по п. 6 или 7, отличающийся тем, что используют более двух пар временных разностей и значений времени для определения, является ли указанный наклон (A) постоянным.

9. Способ по любому из п.п. 6-8, отличающийся тем, что указанные пары выбирают в средней области указанного принимаемого сигнала (8).

10. Способ по любому из п.п. 1-9, отличающийся тем, что указанный первый передаваемый сигнал (8) и указанный второй передаваемый сигнал (9) генерируют с использованием одного и того же источника частоты, производящего основную частоту (f_{clk}), причем указанную первую частоту (f_{Tx1}) и указанную вторую частоту (f_{Tx2}) генерируют путем деления указанной основной частоты (f_{clk}) на различные коэффициенты.

11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что указанную первую частоту (f_{Tx1}) генерируют путем деления указанной основной частоты (f_{clk}) на первый коэффициент, при этом указанную вторую частоту (f_{Tx2}) генерируют путем деления указанной основной частоты (f_{clk}) попеременно на второй коэффициент и третий коэффициент, отличный от указанного второго коэффициента.

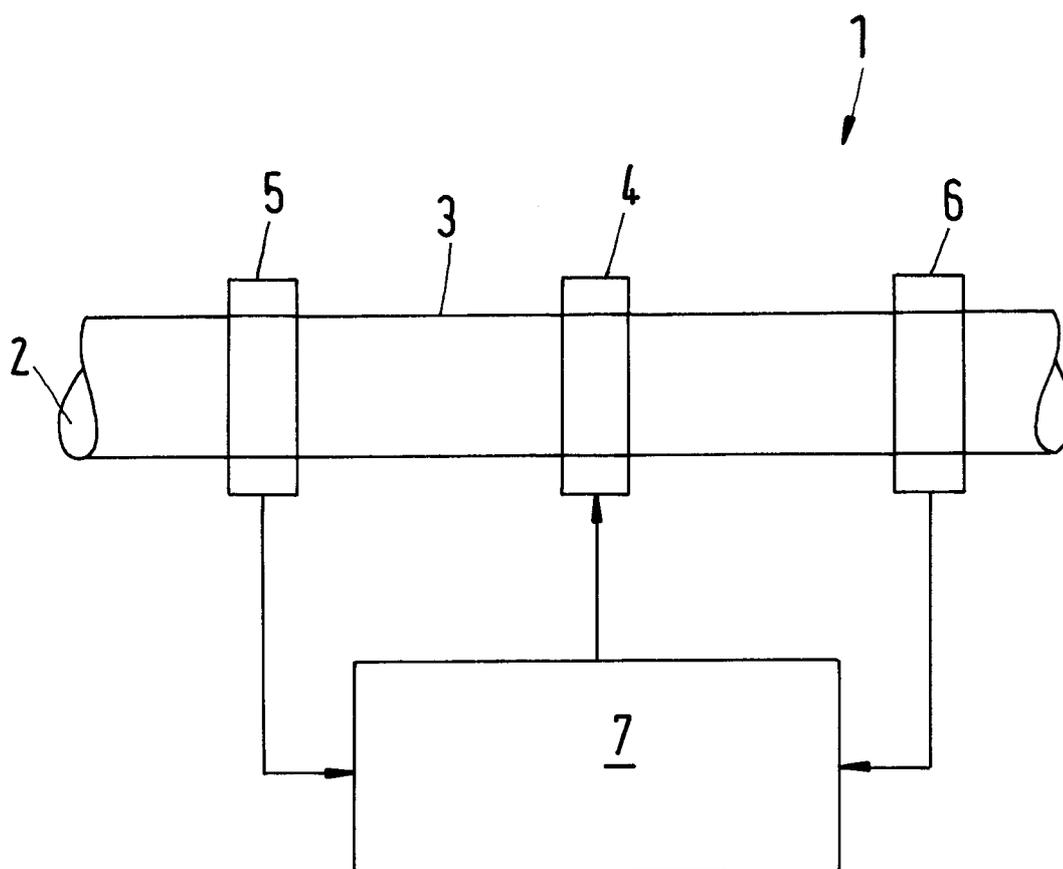
12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что в указанном принимаемом сигнале переходы через ноль измеряют в точках, которые являются кратными значениями двух отдельных периодов.

13. Способ по любому из п.п. 1-9, отличающийся тем, что указанный первый передаваемый сигнал (8) и указанный второй передаваемый сигнал (9) генерируют с использованием разных основных частот и одного и того же коэффициента для деления указанных основных частот.

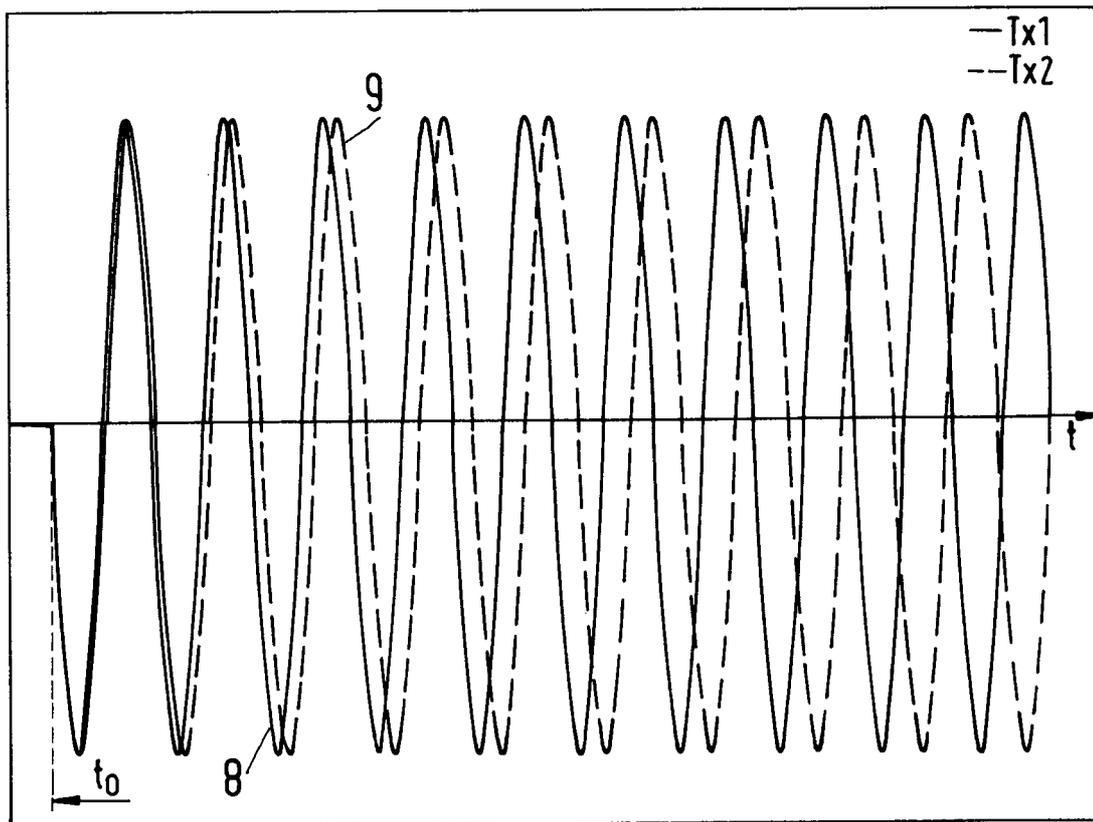
14. Расходомер, такой как ультразвуковой расходомер, содержащий средства для генерации первого передаваемого сигнала (8), имеющего

первую частоту (f_{Tx1}), и средства для обнаружения первого принимаемого сигнала (10), средства для генерации второго передаваемого сигнала (9), имеющего вторую частоту (f_{Tx2}), отличную от указанной первой частоты (f_{Tx1}), и средства для обнаружения второго принимаемого сигнала (11),

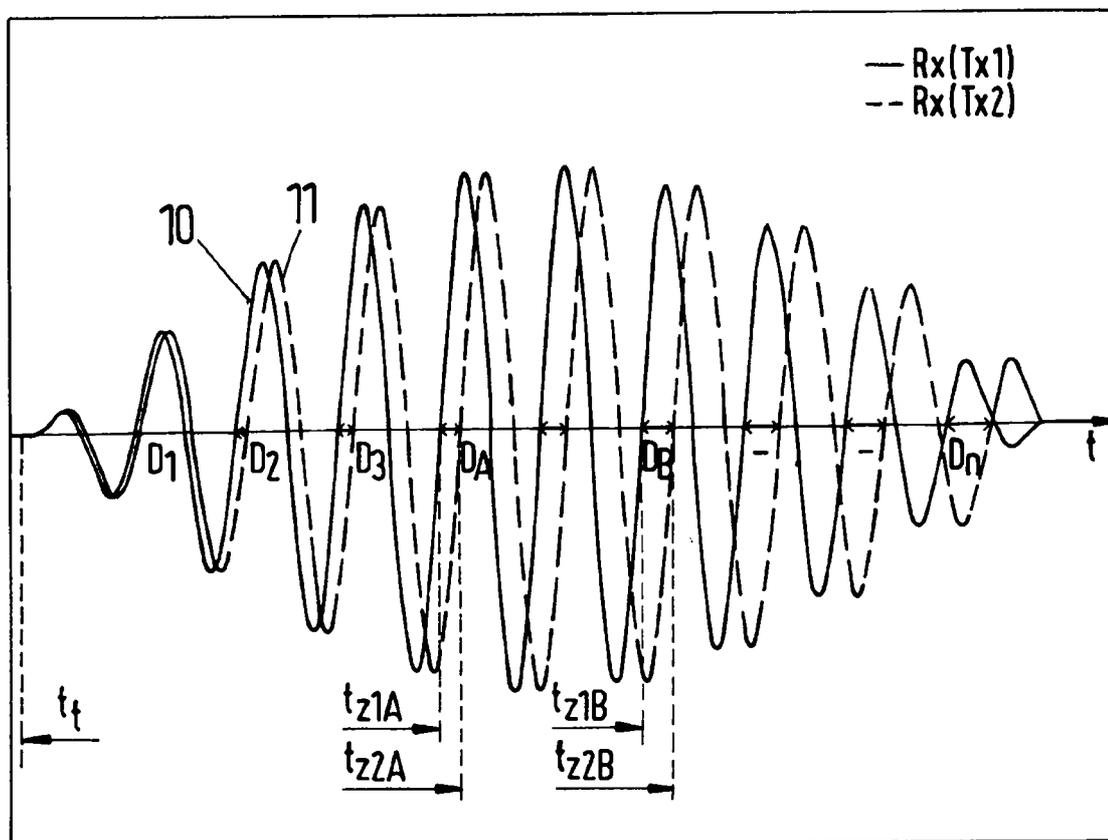
отличающийся тем, что с указанными средствами для генерации указанного первого передаваемого сигнала (8), с указанными средствами для обнаружения указанного первого принимаемого сигнала (10), с указанными средствами для генерации указанного второго передаваемого сигнала (9) и с указанными средствами для обнаружения указанного второго принимаемого сигнала (11) соединены средства управления, причем указанные средства управления выполнены с возможностью определения значения времени прохождения посредством функции времени, основанной на характеристиках двух принимаемых сигналов (10, 11).



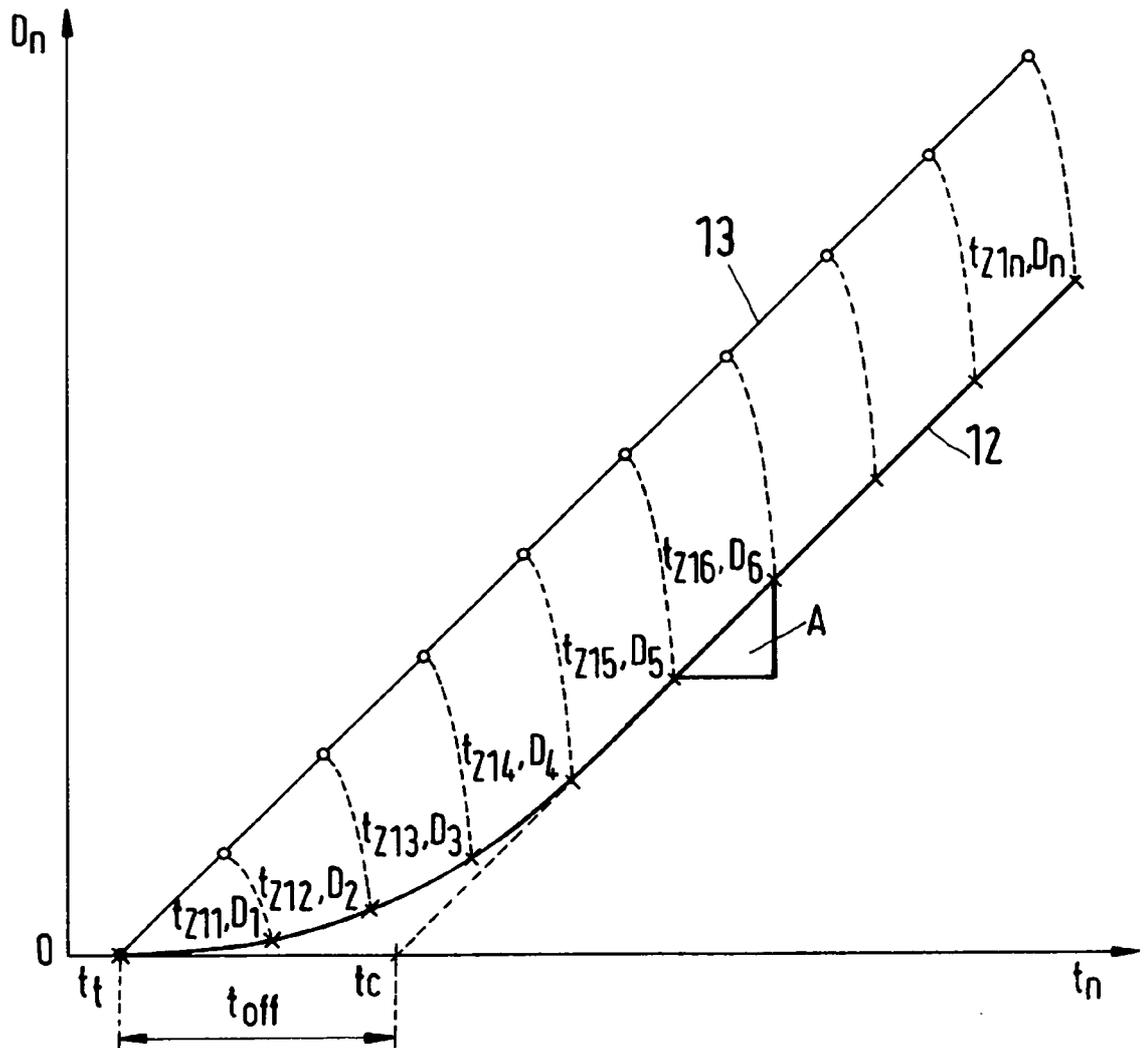
Фиг. 1



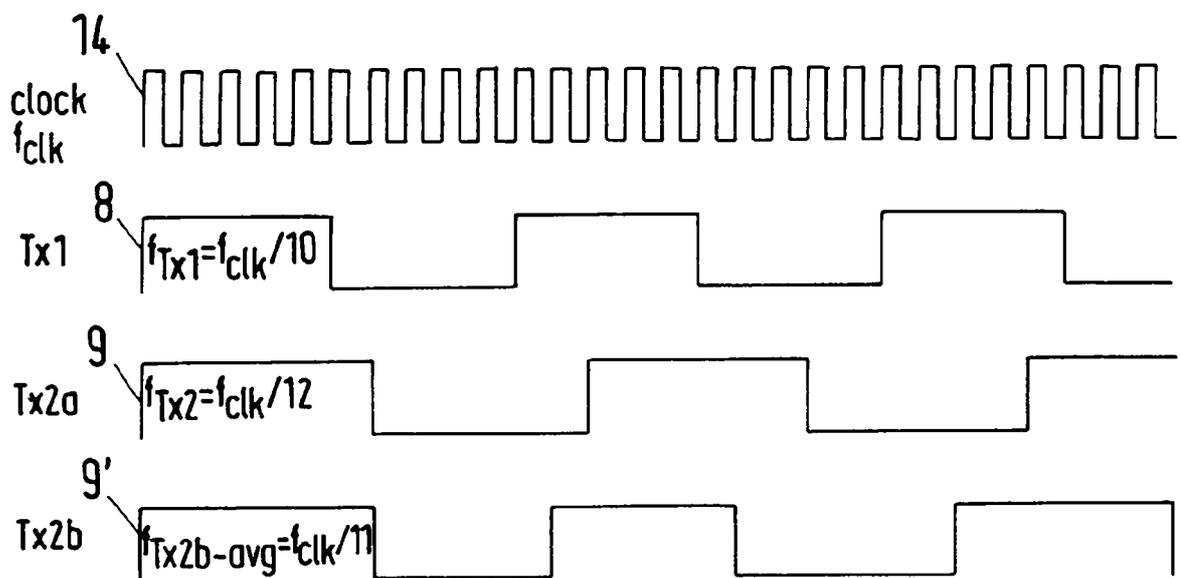
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5